

氏 名	野 中 敏 幸
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 4738 号
学位授与年月日	平成 17 年 6 月 29 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当者
学 位 論 文 名	GRAPES-3 ミューオン望遠鏡によるロスコーン型前兆減少の研究 (A Study of Loss-Cone Precursor Decrease With GRAPES-3 Muon Telescopes)
論文審査委員	主査 教 授 川 上 三 郎 副査 教 授 神 田 展 行 副査 助教授 林 嘉 夫

論 文 内 容 の 要 旨

印度デカン高原南部(E74、N12)にあるウーティ山(標高 2200m)において GRAPES-3 空気シャワー実験が行われている。そこでは 10^{14} eV 以上の一次宇宙線が生成する空気シャワー現象を観測している。

本研究はこの GRPES-3 のミューオン検出器を改良し、70 GeV 程度の一次宇宙線によって生成される 1 GeV 以上の大気ミューオンの強度変動を詳細に観測したものである。

大気ミューオンの強度変動は一次宇宙線の強度変動を反映する。そこで、世界各地にある地理的条件や観測方法などが異なる複数の中性子計やミューオン計の測定結果を組み合わせ、 $10^{10} \sim 10^{11}$ eV の一次宇宙線の強度変動や異方性について様々な研究がなされてきた。

本研究の特徴は、本ミューオン検出器が従来のミューオン計や中性子計に比べて角度分解能が格段に優れ、ミューオンの到来方向を約 ~ 7 度程度の精度で決定出来るのに加え、大きな検出面積(従来の観測の約 10 倍)を活かして各々の入射方向毎の強度変動を高統計精度で観測出来る点にある。これにより、これまで測定が困難であった宇宙線異方性の微細な空間構造を直接的に 2 次元で観測する事が可能となった。

さて、主な観測期間である 2001-2002 年は、ちょうど第 23 太陽活動期のピークに相当し、太陽フレアや CME 等によって生じると推定される Forbush Decrease (FD) と呼ばれる宇宙線強度の一時的減少を数多く観測することが出来た。この FD についてはその衝撃波の到来の数時間前に、Precursor Decrease (PD) と呼ばれる局所的異方性が観測される事が報告されている。

本観測では、一台の観測装置のみでこの PD を 2 次元的に観測することに成功した。また、この異方性をより客観的に同定するには、バックグラウンドとなる強度分布を何らかの方法で分離し、PD として有為な信号の振幅を求める必要があった。本研究はこのような解析方法を用いて、PD の発生を統計的に調べた世界で初めての解析である。解析の結果、FD 本体の宇宙線強度変化の振幅が大きくなるとともに PD の出現頻度も大きくなっている観測事実が初めて得られた。

これは Nagashima-Fujimoto によるロスコーン異方性の生成モデルと定性的に一致する結果である。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

太陽爆発などの短期的な太陽活動によって放出される大規模なプラズマ雲の伝播は太陽系内の惑星間磁場に大規模な擾乱をもたらす。それが地球へ到達すると地磁気嵐などを引き起こし、時には大停電などの原因となり、生活に重大な支障を引き起こす事もある。本研究はこの様な大規模な惑星間磁場の擾乱の様子などについて、世界最大の多方向ミューオン望遠鏡を用いて詳細に研究したものである。この装置は印度デカン高原南部

(E74、N12)にあるウーティ山(標高 2,200m)で行われている GRAPES-3 空気シャワー観測(日印共同研究)の一部を構成している。

~100GeV 付近の銀河一次宇宙線は、大気原子核と衝突し結果的に 2 次粒子として中性子やミューオンなどを生じるので、2 次粒子の強度変動を観測する事により一次宇宙線の強度変動の測定が可能となる。しかし、これまでの研究では、世界各地に点在する複数の中性子計やミューオン計の測定結果を組み合わせなければならなかった。

それに引き替え、本研究に使用したミューオン検出器は角度分解能が ~7 度程度であり、従来の装置の 3~4 倍の精度と格段に優れ、かつ単独の装置としては従来のそれらと比べ検出面積が約 10 倍以上大きいので、ミューオンの入射方向毎の強度変動を短時間で高統計精度に観測が可能であるのが大きな特徴である。そのため、これまで測定が困難であった短時間に变化する局所的な惑星間磁場の空間構造の時間変動を、高精度で直接的に、かつ 2 次元的に観測する事が可能となった。著者はこの装置を用いて、2001-2002 年にかけて、即ち第 23 太陽活動期のピークの期間に、Forbush Decrease (FD: 太陽フレアや CME 等によって生じるとされ、宇宙線の強度が一時的に減少する)を数多く観測することが出来た。

近年、FD に伴う衝撃波の到来の数時間前に、Precursor Decrease (PD) と呼ばれる局所的異方性が観測される事が少数例報告されている。本観測では世界で初めて、単独の観測装置により PD の空間構造を 2 次元的に観測することに成功した。著者はバックグラウンドの強度分布を分離するという独自の解析法を考案し、PD によって生じる空間異方性を詳細に解析し、そのボトルネック構造の存在を客観的に同定することに成功した。また、PD の発生頻度や FD との相関について統計的に調べたのは世界で初めてである。この結果、FD における宇宙線の減衰の度合いが大きくなるにつれて PD の出現頻度が多くなり、~40%にも達することが今回の観測で初めて明らかになった。これらの観測事実とその解析から、Nagashima - Fujimoto 等による長期にわたる観測と複雑な解析を経た後に提唱されたロスコーン異方性を、初めて直接の観測によって示す事が出来た。この事は大規模な地磁気嵐の到来を ~40%程度の確率をもって数時間前に予報できる事を示唆している。

以上の結果から、これまで未知の部分が多かった惑星間磁場の空間構造の短期的変動に関して新しい知見をもたらす事が出来た。よって、本論文は博士(理学)の学位に値すると審査した。